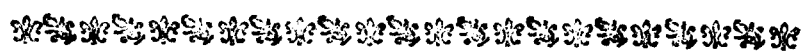


水 土 保 持 原 理



北 京 林 学 院

1984、9、4

目 录

第一章	水土流失形式	1
第一节	垂直侵蚀	1
第二节	土壤水份的流失和结构的破坏	2
第三节	面蚀	2
第四节	沟蚀	5
第五节	崩塌	6
第六节	山洪	7
第七节	泥石流	8
第八节	各种水土流失形式之间的关系及其危害	11
第二章	水土流失规律	15
第一节	概说	15
第二节	降雨和分散的地表径流引起的水土流失作用	17
第三节	股流引起的水土流失作用	21
第四节	重力侵蚀作用	31
第五节	混合侵蚀作用	32
第三章	影响水土流失自然因素的分析	36
第一节	概说	36
第二节	影响水土流失的气象因素	37
第三节	影响水土流失的土壤、地质因素	38
第四节	影响水土流失的地形因素	45
第五节	影响水土流失的生物因素	56

第六节 小结	64
第四章 人为活动对水土流失的影响和水土保持的理论基础	65
第一节 概说	65
第二节 人为活动对水土流失的影响	66
第三节 水土保持的理论基础	68
第五章 (附	71
第六章 水土流失地区的土地利用规划	71
第一节 概说	71
第二节 土地类型及其划分的方法	72
第三节 农业用地的规划	91
第四节 畜牧事业用地的规划	99
第五节 果树和特用经济植物用地的规划	103
第六节 林业用地的规划	107
第七节 其它用地规划	110
第七章 水土流失调查和分析	113
第一节 水土流失调查	113
第二节 水土流失(土壤侵蚀)图	132
第三节 水土流失的分析方法	137

水土保持原理

第一章 水土流失形式

我国水土流失涉及的范围很广泛。各地条件不同。水土流失的形式也是复杂多样的。尽管各种形式之间常是相互影响，相互制约，甚至是互为因果的密切关系；但各种水土流失形式毕竟各有其特点。以下分别加以说明。

第一节 垂直侵蚀

在土体内水份的运动，包括土体水份下渗和土体水份蒸发，均将伴随可溶性矿物和微细粒子在土体内垂直上下移动。在土壤的形成过程中有形成和提高土壤肥力有利的一面，但在一定条件下，也常形成地力下降，破坏土壤的结果，称之为垂直侵蚀。

垂直侵蚀可以发生在所有的土地上，当其发生在有坡的土地时，则是水土流失的一种形式。

我国南方温热多雨，土壤淋洗作用很强，不仅钙、镁多被溶脱；土体中的铁、锰也被淋洗至深层，导致土壤酸化，而且常在土壤深层形成铁锰结核和铁盘。在我国南方丘陵坡地上分布的PH值甚低的砖红壤就属于这种情况（照片1—1）。

当降水量逐渐减少，淋溶作用则相对削弱，在一定深度形成钙积层。当其深度适宜时，则有利于保水、保肥。但随土体水份的匮乏，尤其在干旱气候条件下，钙积层则靠近地面，也常形成钙结核层，甚至表层复钙作用，均将导致土地生产能力的下降和破坏。

土壤次生盐渍化也应属垂直侵蚀，在坡地上并不严重，而在沟坝地则应注意。

RW11/81.4

第二节 土壤水份的流失和结构的破坏

由于农业发展的需要，有一定坡度的土地也常被用作农业基地。在坡地上耕作时必然发生水土流失。

首先是土壤水份的流失，促使土壤干旱。在坡地耕种时，作物的生长不仅总的趋势较平川地易受干旱的威胁，即在同一地块内，由于小地形的影响，作物生长局部间的差异也常是明显的。根据1956年在水市石马坪调查，在坡地上生长的小麦，在小地形凸起的部分平均单穗干重只有0.2克（照片上方），而在小地形凹下有利于积水的地方平均单穗干重则有1.2克（照片1—2下方）

其实，我国很多地方，例如黄土地区的大部分，就气候条件而言并不是非常干旱的，只是由于雨水不易保持在土壤之中，土壤干旱才成为突出的问题。在这些地方，坡地产量主要决定于土壤水份状况。即使在雨水较为充沛的地区，坡地水份的流失也形成干旱，严重威胁着农业生产。

坡地开垦后，土壤裸露的时间较长，降雨时雨滴直接击溅土壤表面，表层土壤的结构易遭破坏，雨后致使土壤板结，恶化土壤的物理性质。土壤板结虽然也发生在平坦的土地上，但在坡地上土壤水份的流失和结构的破坏是水土流失的开始，在我国长期农业生产实践中证实，其危害涉及的面积最大，是影响农业稳产高产的关键所在。

第三节 面 蚀

分散的地表径流从地表冲走表层的土粒称为面蚀。面蚀现象主要发生在没有植被的坡耕地上。

一、层状面蚀

面蚀的发生初期多是层状面蚀。坡耕地处于休闲状态或在作物生长初期，一遇暴雨土壤表面直接受到雨滴的击溅和浸润，土壤表层很快为水所饱和。在地表径流形成的同时，土壤表层已处于泥沙浑浊的泥浆状态，顺坡流失。在一次降雨范围内，由于雨滴是普遍分布的（有时均匀程度不同）从而层状面蚀可以在所有的地形部位上发生。甚至在分水线上（常是地表径流最微弱的部位）也可以发生一定程度的层状面蚀（照片1—3）

二、细沟状面蚀

在自然界，平直的坡面很少，微地形总是起伏不平的。地表径流形成之后，总是避高就低逐步汇流成小股水流，亦即坡面径流。凡是坡面径流流过的地方就有更多的土粒被冲走。于是就在坡面上造成面蚀的不均匀性。其结果坡面上被冲出许多小沟，这些小沟基本上沿着流线的方向平行分布，但却相互蛛连串通。小沟的深度和宽度一般均不超过20厘米。雨后出现，经过耕作又可恢复平整。结果形成表土比较均匀的损失，所以仍属面蚀范畴。称之为细沟状面蚀。当面蚀发展到这一阶段，实质上已经发展到了严重阶段。（照片1—4图I—1）。

三、砂砾化面蚀

在我国广泛分布的土石山地上，由于土层浅薄并且粗骨物质较多，在面蚀过程中，砂砾的颗粒较大，分散的地表径流将不能将其冲走，就常残积地表。经耕作后又与底土相结合。如此反复进行，表层土壤中的细土越来越少，砂砾越来越多。不仅消耗地力而且耕作困难。终将导致弃耕。特将此种面蚀称为砂砾化面蚀。

砂砾化面蚀不仅发生在耕地中，在植被破坏或植被稀疏的坡面上，由于地表径流对细土的不断冲刷作用，此种面蚀也常发生（照片1）

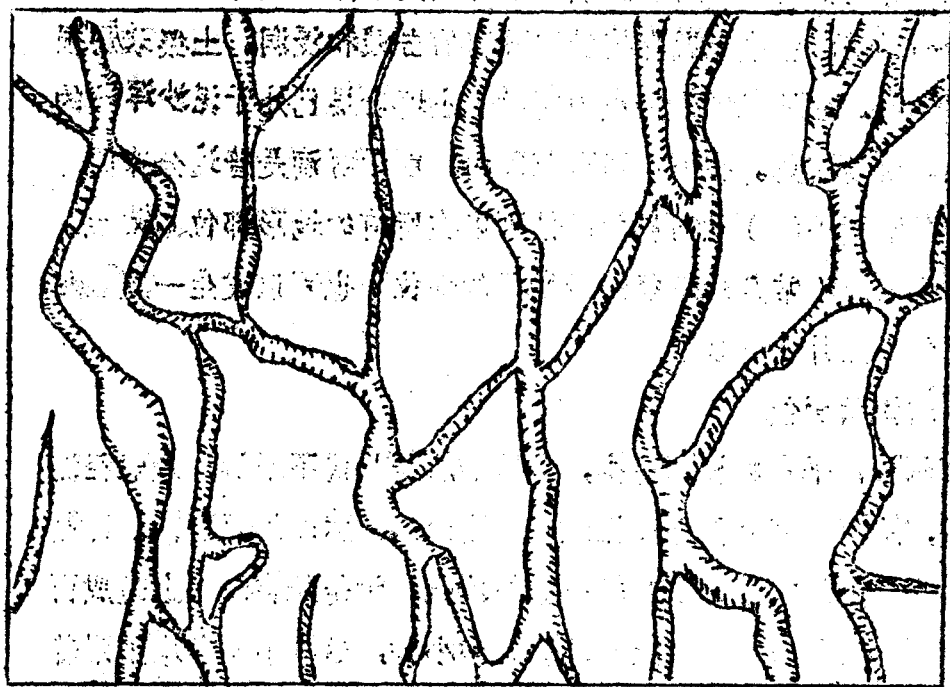


图1—1 细沟状侵蚀平面图

在自然植被茂密生长的坡地上不会有面蚀发生。但当土地利用不合理时，在不进行耕作的荒坡上也常是面蚀的基地。主要是垦耕后弃耕的荒坡和过度放牧的坡地，植物的复盖度小，或受牛羊践踏严重，“羊道”密布成网。暴雨时也常发生显著的面蚀。此外，在密度过小的人工林地和椎采利用不合理的林地，例如稀疏的松林或油茶林，也常有明显的面蚀。这种面蚀的特点是土地不年年进行翻耕，并且仍有一部分植被生长。面蚀分布不均匀，在同一块土地上，有植物生长的部分面蚀轻微，而其间没有植物生长的部分面蚀严重。于是坡面上面蚀严重的小块地呈鱼鳞状分布。故称之为鳞片状面蚀。它是面蚀的一种特殊类型（照片1—6，图1—2）。

在我国在旧社会长期不合理利用土地的后果，鳞片状面蚀的分布范围遍布我国大部省区，其危害也是突出的。

第四节 沟 蚀

一旦面蚀未被控制，由面蚀所产生的细沟或因地表径流的进一步集中，或因地形条件有利于细沟的进一步发展，这些细沟将向长、向深、向宽继续发展，终至不能被一般土壤耕作方法所平复。于是就由面蚀发展成为沟蚀。所以沟蚀是集中的地表径流（股流）冲蚀土壤及其母质，切入地面形成沟壑的一种水土流失形式。由沟蚀所形成的沟壑称为侵蚀沟（照片1—7，照片1—8）

沟蚀是由面蚀的发展而来，但沟蚀显著不同于面蚀。因为一旦形成侵蚀沟，土地既遭到彻底破坏。而且由于侵蚀沟的不断扩展，耕地面积也就不断随之缩小。使曾经是连片的土地被切割的支离破碎。但是沟蚀只在一定宽度的带状土地上发生和发展，就其涉及的土地面积而言，则远小于面蚀。

在我国西北及华北、东北部分有深厚黄土层的地区，以及其它各地凡是具有深厚的未胶结岩或有风化母质的地方，一旦水土流失，沟蚀就将严重发生。

而在土层较薄其下又为各种基岩组成的土石山区，集中的股流虽然也有很大的冲力，但被土层之下坚硬的基岩低抗力所抵制，不能更深地切入地表层。来源于两岸或斜坡上塌入的大量砂砾石块，又常堆积在沟道之中。虽然也是集中的股流形成的沟蚀，但其外观显著不同上述的侵蚀沟。因此特称之为荒沟（照片1—9，照片1—10）。

第五节 崩 塌

在山区坡面较陡之处，常由于沟蚀的割切，改变了地形，使坡脚失去支持，或由坡面不合理的利用，破坏了原来的相对稳定的状态；或由于下渗水份的增加改变了原来土体的物理性质，坡面的整体或一部分向坡下崩落。这种现象称为崩塌。

崩塌有多种形式，在我国黄土地区和土石山区更有着明显的差异。

一、陷 穴

在我国分布的大部分黄土地区，坡面上出现近于圆柱土体垂直向下滑落的现象，我们称之为陷穴（照片I—11，照片I—12），部分地区的群众称之为“枯圈”。虽然其发生的原因尚无定论，但主要是黄土的大孔性质和下渗水份淋溶作用的影响形成。

二、滑 塌

在黄土地区部分斜坡上，一部分土体向下滑落的现象，我们称之为滑塌。此种滑塌现象是在黄土层下具有红土或其它透水力差的母质时才易于发生的，且具有明显的滑塌面（照片I—13）。滑塌规模的大小不同，其进行的速度也有很大差别。当坡度较陡时，崩塌多瞬时发生，亦常称之为“坐塌”（近似于earth slip）；一般坡度愈缓，滑塌则很缓慢，而延时很长，有时称之为“地爬”（即Land creep）。塌积物质堆积在坡脚和沟道之中，当其堆积的物质数量较多时，堵断沟道。雨后积水如池塘，则称之为“聚秋”；其后遇有过大暴雨，又常常被冲毁，则称之为“破秋”。

三、泻 溜

在黄土地区沟坡和一部分陡峭的斜坡上是粘重的红土时，由于干湿冷热的交替影响，红土不断的胀缩。而后呈小块状向坡下散落。我们称这种现象为“泻溜”（照片I—14）。

四、山剥皮

是在土石山区最常见的水土流失形式。雨后或融雪后山坡的一部分土层和风化母质层剥落的现象，我们称之为山剥皮。开始时规模较小，以后遇雨即不断扩大。最后形成大面积的土砂流泻山腹（照片 I—15）。

五、滑坡

山坡的一部分突然向坡下滑动的现象，我们称之为滑坡。其特点在于它具有明显的滑落面，有时在较缓的坡面上如果条件适宜时也可以发生。在滑坡的运动过程中坡面上的地物和滑坡的层次虽受到严重的扰动，但一般维持原来的相对位置（照片 I—16）。在陡坡上，云杉纯林的同令林在溶雪或暴雨后也能够发生滑坡，常被称之为“醉林”。

六、山崩

山体的一部分突然向坡下崩塌的现象，我们称之为山崩。崩塌的物质除土砂外，还常包括大量的石块，多发生在坡度陡峭的山腹。其结果是彻底扰乱了原有地物的层次。其崩塌的物质以独特的崖锥（亦称土石锥或塌积锥）的形式堆积在坡脚。这与滑坡有着显著的区别（照片 I—17）（照片 I—18）。

由上述看来，崩塌的形式是多样的。但崩塌可以分为两大类：陷穴、滑塌和泻溜多发生在黄土地区以及有深厚未胶结细粒土层的地区。而山剥皮、滑坡及山崩多分布在范围更为广泛的土石山区。

第六节 山 洪

山洪是地表径流向水文网集中之后所形成的。

在山洪发生的上游，集中的股流量较小，但是沟底坡度较大。所

以也能形成较大的流速和冲力。但以上游沟底水份条件较好，一部分常被利用成沟坝地，即“扎沟垫地”，对山洪有一定的低抗力。在山洪较小时不仅不能造成危害，反而能将山洪携带的泥沙沉积在农田之中，逐步提高这一部分土地的生产力。但是一旦山洪较大时，这些沟坝地首当其冲，常被冲毁。冲毁时，山洪受到一定的阻滞，常以更大的冲力冲毁其下层层沟坝地。即所谓：“十年修地，一年冲光”。

在中游，集中的股流较多，而坡度减少不多，所以冲力最大。横沟打坝已不可能，只好留出流路，仅能在两侧顺沟修成“沟条地”。但山洪较大时也常被冲毁。

山洪的下游进入山地河川，其坡度较缓。但流量很大。由于曲流的结果，不停地冲淘两岸。而在两岸正是山区的农田精华所在之地。一旦遇有较大的山洪就使这些农田水冲砂压，受到严重威胁（照片 I—19，照片 I—20）。

如遇有平坦开旷的沟口，砂砾就会大量堆积（照片 I—21），形成冲积扇（或冲积锥，在土石山区则称砂砾圆锥），

第七节 泥 石 流

泥石流是水土流失为害最严重的形式。也是全流域内水土流失发展进入严重阶段的标志，其特点是固体径流处于超饱和状态的急流。

根据固体径流物质不同，可以分为两类：

一、石 洪

石洪发生在土石山地，是固体径流超饱和状态的急流。在水土流失严重的地区，当有充分的前期降雨又遇暴雨时（或由大量融雪水所引起），土体充分为前期降水所饱和，地表径流迅速大量集中，将促成崩塌侵蚀的发生，形成大量的松散土砾块石。同时被径流携带向沟

道集中，加上原来沟道中积聚的大量松散固体物质。于是集中的地表径流和大量的土砾石砾混合在一起急流直下（固体物质的含量 $> 40\%$ ，容重 > 1.6 吨/立方米）。就形成了石洪。

和上述的山洪不同，在石洪中已经不是水流冲动的土沙石块，而是水和土砂石块组成一个整体流动。分选作用不明显。从而在其停止时土砂石块的沉积基本上按原有结构大小间杂存在。

就地表径流的冲力而言，其极限只能达到饱和状态。但是石洪之所以会达到超饱和状态，其原因是发生的部位坡度较陡，一部分固体物质处于重力移动状态。就石洪整个发生过程而言，其上游以重力作用的比重较大，而越向下游逐步转变以流水的冲力为主。到下游最后则变为山洪。发生石洪时，同时也发生山洪，但发生山洪时，不一定同时发生石洪。

石洪的特点是：

(1) 突然发生，最前方形成有一定高度的水头（常称为“龙头”），且具有惊人的破坏能力。（图 I—3）。

(2) 流动过程中具有显著的脉动性，运动的速度时缓时快。

当石洪以较快的速度前进时，常常依靠其惯性，脱离开原有的流路直线前进。当其运动速度较缓时，一部分体积大的块石又常堆积在流路中形成地垒，当其流至下游转变成山洪时，如果流路开阔常堆积成大小块石混在一起具有特殊形式的混合锥（照片 I—22）（亦称洪积锥或洪积扇，西南山区特称之为“砂坝”）。

石洪发生的规模大小不同，其规模较小具有明显的发生区和沉积区，而流过区甚短且并无明显的地垒存在时，称之为锥型石洪（照片 I—23）。

凡是流过区内有明显的地垒并且数目较多时，称之为典型石洪

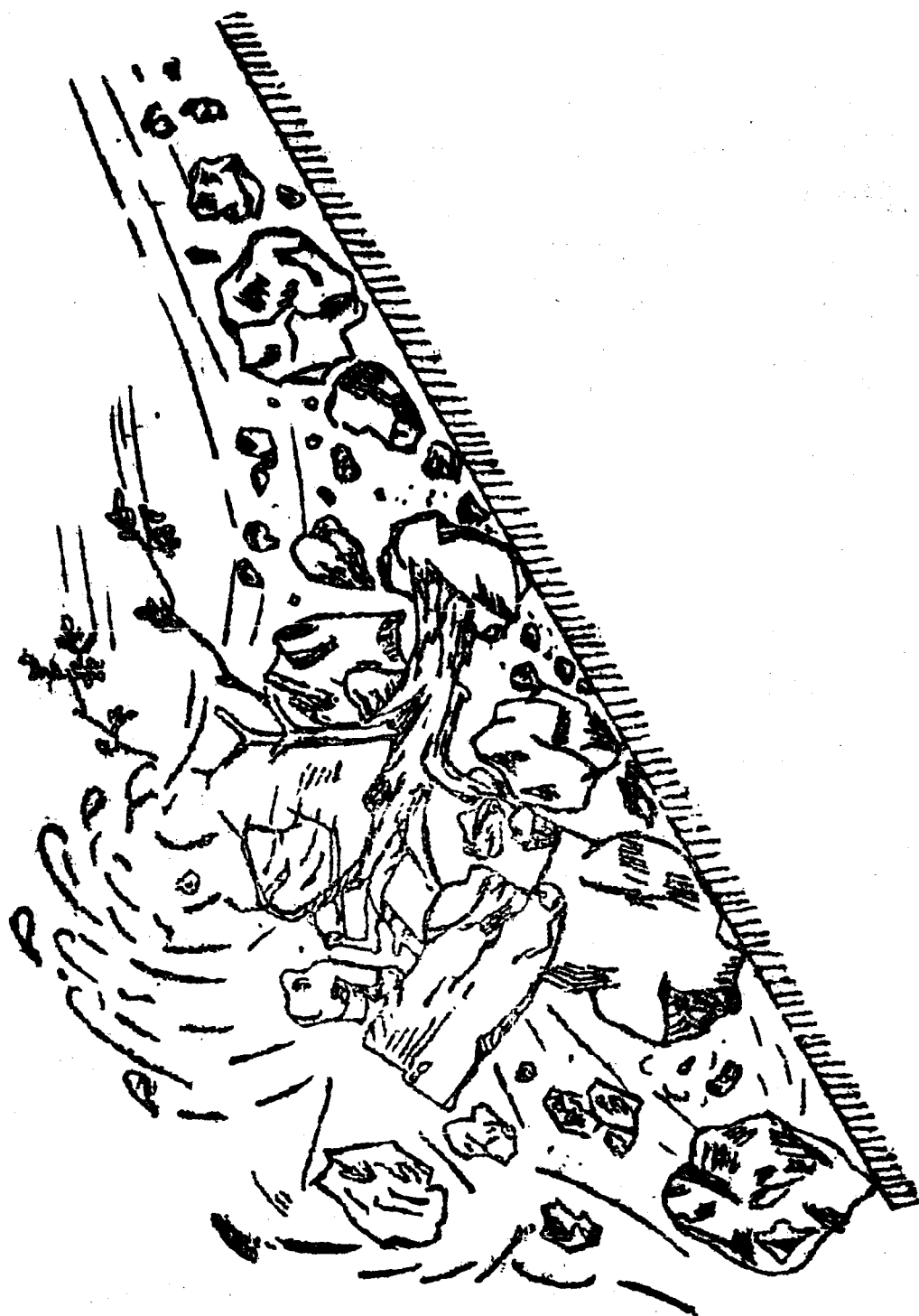


图 1-3. 石闸壅流示意图

(照片1—24)。

石洪是由流水的冲力和重力的混合作用引起。当其集水区较小，底部坡度较大时，则主要是以重力作用为主发生的石洪。而在集水区面积较大，底部坡度较缓时，则主要是由流水的冲力作用发生的石洪。其性质更接近于山洪。

石洪在我国辽西地区山地叫做山嘴；承德山地叫做山洪暴发；燕山山地叫做龙拔；太行山区叫做鼓水泡或出港子；江南部分山区叫做起蛟；川滇山区则常叫做走龙或走蛟。

二、泥流

泥流是我国黄土地区或其它具有深厚土状母质地区的泥石流形式。

当径流中含有大量细泥沙时，虽然仍是按一般流体的运动规律由高向低流动，但以其比重大（有时可达1.6或更大），促使其所具有的动能（即破坏力）远大于山洪。流体的表面显著不平，已失去一般流体的特点。在表层经常能浮托、顶运一些大块的土块以及其它比重较大的固体物质。我们特称此类泥石流为泥流（图1—4）。

泥流在流动过程中，亦具有明显的水头，停止时亦形成地垒，但不如石洪明显。

泥石流的破坏力惊人，常造成毁灭性灾害。这是全流域水土流失严重所造成的后果。但它并不是不可抗拒的自然灾害。泥石流常是突然发生，但仍是可以预见和治理的。

第八节 各种水土流失形式之间的关系及其危害

由上可见，我国水土流失形式不仅多种多样，而且各有特点，但在各种形式之间有着密切不可分割的联系。虽然将各种水土流失形式分别加以说明，但在实际水土流失过程中，各种水土流失形式常同时发生。垂直侵蚀，土壤水份的流失、结构的破坏和面蚀常在大面积坡

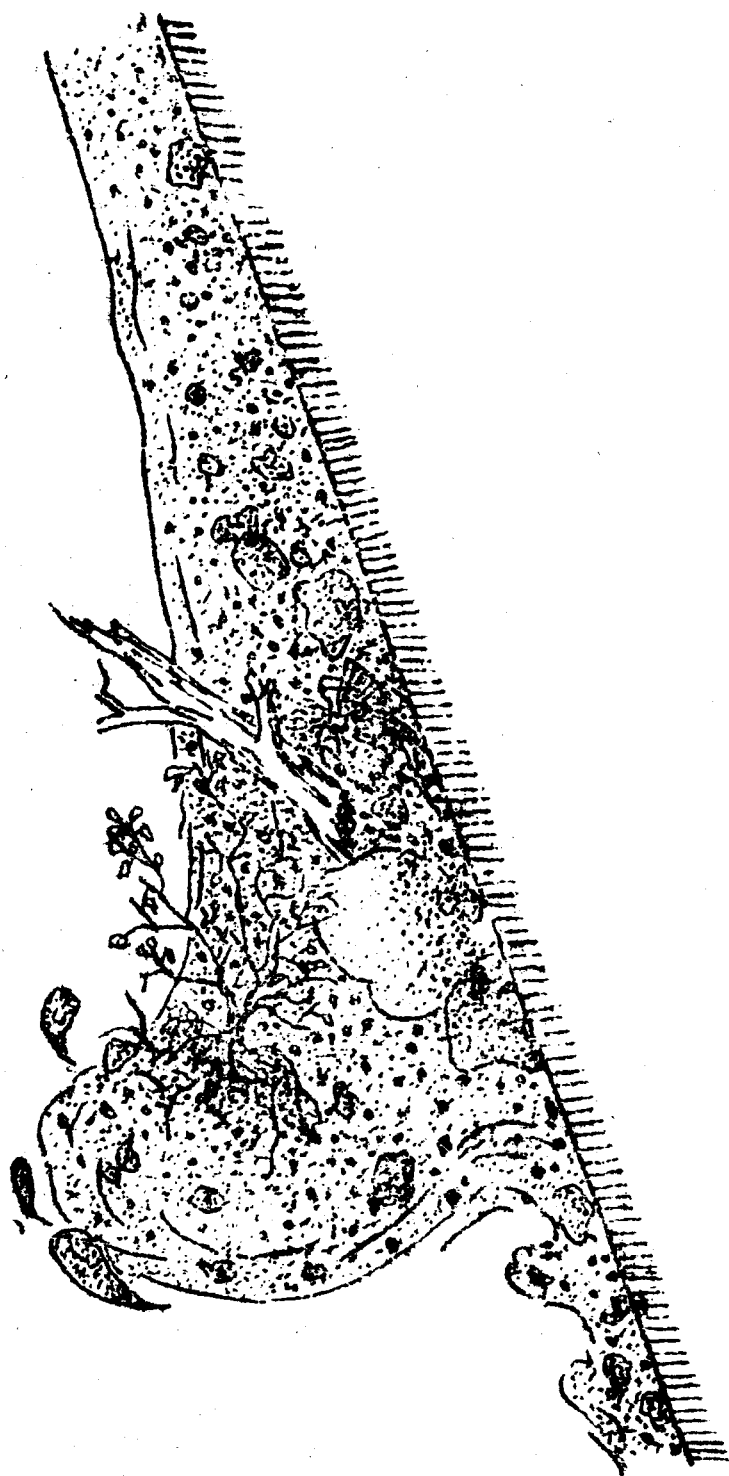


图 1—4
泥流运动示意图

面上发生，而沟蚀则仅在狭带状土地中进展。沟蚀的形成常是由细沟状面蚀进一步发展而成，面蚀和沟蚀又为崩塌创造了条件，崩塌的后果又促进了面蚀和沟蚀的发展。泥石流的形成是全流域水土流失严重的集中表现，一旦泥石流发生后却又促使其流域范围内各种水土流失形式进一步发展。因此，为了做好水土保持工作，首先应该明确区分各种水土流失形式，但必须充分注意到各种水土流失形式相互之间的关系，在相互影响相互制约的动态中研究水土流失，然后才能因地制宜，因害设防做好水土保持工作。

很明显，垂直侵蚀、土壤水份的流失、土壤结构的破坏、面蚀和山洪等形式一般是经常发生，其危害也是逐渐进展的。但崩塌和泥石流是突然发生，其危害也是毁灭性的（有些滑坡进行比较缓慢）。一方面，水土保持工作不应仅限于防治经常性的水土流失，还必须充分注意防治暴发性水土流失。而在另一方面，在防治暴发性水土流失时，除采用必要的应急措施外，还必须充分运用防治经常性的水土流失的综合措施，只有如此才能根除暴发性水土流失。

垂直侵蚀、土壤水份的流失、土壤结构的破坏，大多数的面蚀和山洪是各地普遍发生的水土流失形式。但沟蚀、崩塌和泥石流则有显著的地区性特点。一般侵蚀沟、陷穴、滑塌和泥流多发生在黄土地区及具有深厚土层的山区，而砂砾化面蚀、荒沟、山剥皮、崩塌和石洪等形式的发生则仅限于陡坡、土薄、石头多的土石山区。实际上这只是在不同具体条件下水土流失在形式上的反映而已。即或在土石山区局部土层深厚，条件合适也能形成不同规模的侵蚀沟。而在黄土地区中黄土层薄其下又有坚固的岩层，或有局部的土石山地时，也常形成具有混合特点的水土流失形式。

水土流失的各种形式，都不同程度损耗和破坏土地的生产力，首

先危害于水土流失地区的各项生产事业，尤其农业生产。

但是，水土流失所造成的危害远不仅限于水土流失地区，当有大量泥沙的洪水流入平原的河川时，比降突然减小，两岸冲淘仍在进行，从而引起河道的淤浅和加宽，易于造成水灾。

当河床淤高超出两岸土地之后，势必要筑堤束水，防止洪水出槽，即将引起两岸土地淤涝成灾，而且也是引起次生盐渍化的根源。

也正因为江河的上游水土流失严重，雨后形成的地表径流不得蕴蓄，倾泻而下，集中到平原的江河，形成巨大的洪峰洪量，是造成水灾的根本原因。

一旦洪水过后，流量骤减，河川的平水流量和枯水流量甚小，就限制着水利事业的发展，也促使旱灾的加剧。

由上可见，各种形式的水土流失不仅限于破坏水土流失地区的土地，破坏水土流失地区的生产事业，破坏水土流失流区的环境条件。而且必然严重影响下游平原地区的土地生产，恶化河川水文、水质状况，也正是平原地区水旱风沙盐碱淤涝等自然灾害的根源，也正是恶化下游平原地区环境条件的根源。

不容否认，我国水土流失涉及的面积很大，水土流失的危害也很严重。这是旧社会留给新中国的惨痛遗产。我们必须和过去水土流失所造成的严重后果作斗争。但也必须指出，在我国各项生产事业发展的过程中，要非常注意和引起水土流失的原因作斗争。而且要在易于引起水土流失的土地上，发展以农业为基础的多种经营事业，而不引起新的水土流失，这将成为我国社会主义建设事业对水土保持工作的迫切要求。